

**DIE DOSIS BEI INTRAORALEN
RÖNTGENAUFNAHMEN DER ZÄHNE
IN ABHÄNGIGKEIT VON DER
STRAHLENQUALITÄT**

Siegfried Steinle
—

1973
—



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554604_0010

AUS DER ABTEILUNG FÜR ZAHNERHALTUNG UND PARODONTOLOGIE
(Vorstand: Prof. Dr. Eberhard Sonnadend)
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN

DIE DOSIS BEI INTRAORALEN RÖNTGENAUFNAHMEN DER ZÄHNE IN
ABHÄNGIGKEIT VON DER STRAHLENQUALITÄT

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig - Maximilian - Universität zu München

vorgelegt von
SIEGFRIED STEINLE
aus Augsburg
München 1973

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät
der Universität München



Berichterstatter: Professor Dr. E. Sonnabend
Dekan: Prof. Dr. Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.1973

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

Gliederung

	Seite
1.) Einleitung	3
2.) Überblick über die Literatur zur Strahlenbelastung des Patienten bei intraoralen Zahnrontgenaufnahmen	5
2.1.) Die Abhängigkeiten zur Dosis	5
2.2.) Ergebnisse von Dosismessungen verschiedener Autoren an der Hautoberfläche bei einer intraoralen Aufnahme, soweit sie auf Grund der Versuchsbedingungen miteinander vergleichbar sind	9
2.3.) Abhängigkeiten zur Strahlenqualität	10
3.) Eigene Untersuchungen zur Auswertung der Ergebnisse des Röpak-Verfahrens	12
3.1.) Die bei verschiedener Strahlenqualität ermittelte Dosis	13
3.1.1.) Die bei verschiedener Strahlenqualität ermittelte Dosis, aufgegliedert nach Herstellerfirmen der Röntgenapparate	16
3.1.1.1.) CHF Müller	16
3.1.1.2.) Ritter	19
3.1.1.3.) Siemens	21
3.1.1.4.) Vergleich der Röntgengeräte der verschiedenen Firmen untereinander	24
3.2.) Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und der Röhrenspannung	27
3.3.) Die Abhängigkeit der Dosis von der Belichtungszeit bei verschiedener Strahlenqualität	28
3.4.) Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und den verwendeten Röntgenfilmen	30
3.4.1.) Vergleich der Filme normal Dozahn : super Dozahn	30
3.4.2.) Vergleich der Filme Agfa : Agfa ultra rapid	33
3.4.3.) Vergleich der Filme Kodak - Kodak ultraspeed - Kodak Defilux	36

	Seite
3.4.4.) Vergleich der normal empfindlichen Filme der Firmen Adox, Agfa und Kodak	38
3.4.5.) Vergleich der hochempfindlichen Filme der Firmen Adox, Agfa und Kodak	40
3.5.) Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und der Tubuslänge	42
3.6.) Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und dem Röhrenstrom	43
4.) Kritische Auswertung der Ergebnisse	45
5.) Zusammenfassung	47
6.) Literatur	49

1.) Einleitung.

Zur natürlichen Strahlenbelastung kommt seit etwa siebenzig Jahren in zunehmendem Maße die Belastung durch diejenigen ionisierenden Strahlen hinzu, die aus künstlichen Strahlenquellen auf uns einwirken. Bei dieser zusätzlichen Strahlenbelastung macht die medizinische Anwendung der Röntgenstrahlen, vor allem in der Röntgendiagnostik, einen bedeutenden Anteil aus (S e e l e n - t a g und S c h m i e r (47)). Da gerade bei der Anfertigung von Zahnröntgenaufnahmen durch den geringen Fokus - Haut - Abstand (FHA) eine relativ hohe Hautoberflächendosis (HOD) appliziert wird, und von verschiedener Seite immer wieder mehr Röntgenbilder zur Sicherung der Diagnose gefordert werden, steigt dieser Anteil in den nächsten Jahren zwangsläufig an.

Wenn nun die Röntgendiagnostik an der zusätzlichen Strahlenbelastung in so hohem Maße beteiligt ist, dann sollte es die Pflicht eines jeden Zahnarztes sein, dafür zu sorgen, daß sein Patient bei der Anfertigung einer Röntgenaufnahme nur der tatsächlich notwendigen Strahlenbelastung ausgesetzt wird. Durch die Wahl ungünstiger Aufnahmebedingungen oder Mängel der Apparatur wird der Patient oft einer höheren Strahlendosis ausgesetzt, als es zur Anfertigung eines guten Röntgenbildes erforderlich ist.

Die einwandfreie Technik setzt eine ständige Überprüfung der Röntgengeräte voraus, die bisher nur als Typen-, nicht aber als Stückprüfung durch die physikalisch-technische Bundesanstalt in Braunschweig durchgeführt wird. J u n g (22) fordert schon 1960, eine gesetzliche Grundlage zu schaffen, wonach vor allem ältere Röntgenapparate periodisch kontrolliert und entsprechend den jeweiligen Anforderungen des Strahlen-

schutzes dem Stand der Röntgentechnik angepaßt werden.

Daß eine derartige Kontrolle notwendig ist, zeigt die Überprüfung aller Röntgengeräte in den zahnärztlichen Praxen der Bundesrepublik auf Strahlensicherheit, die von der Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde mit Unterstützung des Bundesministeriums für Jugend, Familie und Gesundheit nach einem Verfahren durchgeführt wurde, das in den Vereinigten Staaten von Amerika entwickelt und erprobt worden war (Surpak), und hier kurz Ropak-Verfahren (Röntgenpaket) genannt wird (S o n n - a b e n d (55)).

Schon die ersten Teilauswertungen des Ropak-Verfahrens haben gezeigt, daß die Werte für die Dosis, die Strahlenqualität und die Feldgröße bei vielen zahnärztlichen Röntgengeräten unverhältnismäßig hoch liegen.

Es erschien deshalb zweckmäßig, näher zu untersuchen, wie die je Aufnahme aufgewendete Dosis von der Strahlenqualität abhängt.

2.) Überblick über die Literatur zur Strahlenbelastung des Patienten bei intraoralen Zahnrontgenaufnahmen.

2.1.) Abhängigkeiten zur Dosis.

Die Leistung des Röntgengerätes wird im wesentlichen durch die Faktoren Röhrenspannung und Röhrenstrom bestimmt.

Die meisten in der zahnärztlichen Praxis verwendeten Röntgenapparate arbeiten mit einer Röhrenspannung zwischen 50 und 70 kV, was zu einer relativ weichen Strahlung führt. Die Suche nach der optimalen Kilovoltzahl war immer wieder das Thema von wissenschaftlichen Arbeiten und Versuchen. Das gemeinsame Ergebnis aller Untersuchungen war die Verminderung der Hautoberflächendosis bei zunehmender Spannung. So zeigen Vergleiche der HOD der Wange bei 60 kV und 90 kV eine Verminderung der Dosis bei 90 kV um durchschnittlich 30 %, wenn mit Filmdosimetern gemessen wurde. Wurden die Messungen mit Kondensatorkammern durchgeführt, so betrug die Verminderung der Dosis sogar 37 %. (S o n n a b e n d (49)). Vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus ist also bezüglich der Hautoberflächendosis die harte Strahlung, wie sie die amerikanischen Autoren W u e h r m a n n (66), C u r b y (66), und M o n a c e l l i (67) fordern, zu empfehlen.

Die zahnärztlichen Röntgengeräte haben meistens einen feststehenden Röhrenstrom zwischen 6 und 10 mA. Der Oralix der Firma Müller zum Beispiel arbeitet mit 7 mA, die Röntgenkugel der Firma Siemens vom Typ A mit 10 mA. Die Röntgengeräte der gleichen Firma vom Typ Heliodent dagegen arbeiten nur mit 7 mA. Die beiden Geräte der Firma Ritter vom Typ D 4 und D 9 haben einen Röhrenstrom von 10 mA. Diese Begrenzung des Röhrenstroms

auf niedrige mA-Zahlen erfordert eine höhere Belichtungszeit, als sie bei stärkeren Röntgenstrahlern mit 20 oder 30 mA notwendig wäre.

Durch die Herabsetzung der Belichtungszeit könnte die Dosis am einfachsten vermindert werden. Allerdings sind einer Verminderung der Belichtungszeit Grenzen gesetzt, da sie nicht nur vom Röhrenstrom, sondern auch von der Empfindlichkeit der Zahnröntgenfilme, von der Dichte, Dicke und Art des Objektes und vom Fokus - Film - Abstand stark abhängig ist. Experimentell ermittelte Belichtungszeiten für Erwachsene zeigten 1962 durch die Verwendung des empfindlichen Super Dozahn Zahnröntgenfilm der Adox-Werke eine Herabsetzung der Belichtungszeiten gegenüber dem Normalfilm auf rund ein Drittel (S o n n a b e n d (49), (53), (54)).

Die Dichte, Dicke und Art des Objektes, das von den Röntgenstrahlen durchdrungen werden muß, bewirken eine Veränderung der Belichtungszeit und damit der Dosis. Es ist einleuchtend, daß die Aufnahme bei einem Kind eine kürzere Belichtungszeit erfordert, als bei einem Erwachsenen.

Ein größerer Fokus - Film - Abstand bringt trotz längerer Belichtungszeit eine Verminderung der Hautoberflächendosis mit sich.

Die Aufnahmetechnik mit dem langen Tubus, für die sich zahlreiche Autoren immer wieder eingesetzt haben, findet in der Praxis nur wenige Anhänger. Nach einer Umfrage von T. J u n g (22) unter 180 Zahnärzten, verwenden nur vier von ihnen einen langen Tubus, obwohl nach seinen Untersuchungen ein Fokus - Film - Abstand von 35 cm der richtige Abstand wäre. J u n g untermauert diese Behauptung durch vergleichende Dosismessungen an oberen Molaren mit kurzem und langem Tubus.

Sie zeigen, daß die Dosis auf der Haut des Patienten bei Verwendung eines langen Tubus kleiner ist, als wenn man einen kurzen Tubus benützt. Die Aufnahmetechnik mit dem kurzen Tubus wurde vor allem von v o n R e c k o w (58), (59) immer wieder angegriffen. In den USA traten vor allem W a g g e n e r (62) und F i t z g e - r a l d (13) für die "Fernaufnahmetechnik" ein. S o n n - a b e n d (49) stellte durch eigene Messungen fest, "daß der größere Fokus - Haut - Abstand unter bestimmten Bedingungen eine Herabsetzung vor allem der Hautoberflächendosis mit sich bringt. Allerdings ist mit dem größeren Abstand eine entsprechende Verlängerung der Belichtungszeit verbunden.

In den Strahlenschutzbestimmungen DIN 6811, die ab 1.7.61 gelten, wird gefordert, daß die Feldgröße an der Tubusspitze nicht mehr als 6 cm betragen soll. Erstaunlich ist, daß die Feldgröße an der Tubusspitze bei den verschiedenen Röntgengeräten so stark variiert, selbst wenn sie von der gleichen Firma stammen (S o n n a b e n d (49)).

In den neuen Strahlenschutzregeln für die Herstellung medizinischer Röntgeneinrichtungen DIN 6811 heißt es unter dem Absatz Filterung: "Die Eigenfilterung muß mindestens 2 mm Aluminium Härtungsgleichwert betragen. Ausgenommen hiervon sind Röntgenröhren mit Schutzgehäusen an Einrichtungen mit Nennspannungen bis 60 kV. Bei diesen muß die Mindestfilterung 1 mm Aluminium Härtungsgleichwert betragen. Bei Einrichtungen von mindestens 70 kV Nennspannung müssen wahlweise zusätzliche Filter anbringbar sein."

Dieser Forderung entsprechen nahezu alle auf dem Markt befindlichen Röntgengeräte. Trotzdem gehen die Bestrebungen immer mehr dahin, Zusatzfilter zu benutzen, um dadurch den weichen Strahlenanteil herauszufiltern und

diesen Strahlenanteil dem Patienten zu ersparen. Durch eigene Untersuchungen kommt W a i n w r i g h t (63) zu dem Schluß, daß bei 90 kV, 65 kV und 45 kV Röhrenspannung bei zunehmender Filterung jeweils die Hautdosis vermindert wird.

Auch S c h a a l (45) empfiehlt eine Herabsetzung der Patientendosis durch zusätzliche Filter und gibt als minimalen Wert für die Gesamtfilterung 2 mm Aluminium Härtingsgleichwert an.

W. K r a u s und M e r g l e r (64) befürworten zwar die Zusatzfilterung, sähen aber lieber Kupfer als Aluminium als Material verwendet.

Auch die Messungen von S o n n a b e n d (48), (49), (50) beweisen eine starke Herabsetzung der Hautdosis der Wange bei 1 mm Aluminium Zusatzfilterung. Er beobachtet dabei noch keine Erhöhung der Belichtungszeit und fordert daher auch für Apparate zwischen 50 und 60 kV eine Gesamtfilterung von 2 mm Aluminium Härtingsgleichwert; diese Forderung wird von den meisten zahnärztlichen Röntgenapparaten trotz der DIN 6811 jetzt bereits erfüllt.

2.2.) Ergebnisse von Dosismessungen verschiedener Autoren an der Hautoberfläche bei einer intraoralen Aufnahme, soweit sie auf Grund der Versuchsbedingungen miteinander vergleichbar sind:

Autor	Röhrenspannung (kV)	Röhrenstrom (kV)	Belichtungszeit (sec)	Fokus - Haut - Abstand (cm)	Feldgröße (cm)	Hautdosis (mR)	Meßgerät u. Meßobjekt
Björclin		amerik.	1,0	Gerät		3300	Dosimeter
Björclin		schwed.	1,0	Gerät		3000	Phantom
Björclin		dtsh.	1,0	Gerät		2300 *	1.oberer Molar
Hell	50	8	0,6-1,3			280 **	Fingerhutkammer
Hell	50	8	0,6-1,3			160 **	Molar OK
Jung	60	10	0,6	33	5,2	230	Fingerhut-
Jung	60	10	0,6	33	5,2	230	kammer
Jung	60	10	1,0	33	5,2	380	Patient
Jung	60	10	0,3	18	9,5	300	Molar OK
Murai u.	60	10	1,3	30	9,0	1400	Dosisfilm
Mitarbeiter	75	20	1,1	48	6,5	1100	Patient oberer Molar
Sonnabend	60	10	1,0	17,8	7,0	1370	Kondensator-kammer, Patient

* lückenhaft bezahnt

** voll bezahnt

2.3.) Abhängigkeiten zur Strahlenqualität.

In der Röntgentechnik verwendet man zur Kennzeichnung der Qualität einer Röntgenstrahlung den Begriff "Halbwertschichtdicke (HWSD)".

"Eine HWSD ist diejenige Schichtdicke eines Materials, welche die Strahlung so weit schwächt, daß die Ionisationswirkung der Strahlung in der Luft auf die Hälfte des Ausgangswertes vermindert wird" (B e c k , D r e s e l , M e l c h i n g (5)). In dem Kilovolt-Bereich, der bei den zahnärztlichen Röntgengeräten benötigt wird, bevorzugt man Aluminium oder Kupfer zur Messung der Halbwertschichtdicke.

Welches ist nun die günstigste Spannung für intraorale Röntgenaufnahmen zur Erreichung einer möglichst geringen Dosis? Zu dieser Frage, die immer wieder diskutiert wird, liegen eine Reihe von Untersuchungen vor. Die Autoren dieser Arbeiten lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

Erstens, die Befürworter einer variablen Spannung, deren bekannteste Vertreter v o n R e c k o w (58), (59), S o n n a b e n d (49), M ü n ' s t e d t (33) und F i t z g e r a l d (13) sind.

Die zweite Gruppe umfaßt die Verfechter einer hohen Spannung bei der sogenannten Hartstrahltechnik, die sich vor allem im amerikanischen Schrifttum immer wieder äußerten. Hier sind vor allem W u e h r m a n n (66), C u r b y (66) und M o n a c e l l i (67) zu nennen.

Von den Verfechtern der Hartstrahltechnik wird im Bezug auf die Dosis ins Feld geführt, daß die Hautoberflächendosis vermindert wird. Nach Untersuchungen von S o n n a b e n d (49), (52) trifft dies auch zu. Nach

diesen Messungen vermindert sich die Hautoberflächen-dosis bei 90 kV um rund 30 % gegenüber 60 kV. Messungen der Gonadendosis ergeben allerdings keine Verminderung, sondern zum Teil sogar eine Erhöhung der Werte.

Die Strahlenqualität ist aber nicht nur abhängig von der Röhrenspannung, sondern auch von der Filterung. Beim Durchgang durch diesen Filter, der meist aus Aluminium oder Kupfer besteht, werden vornehmlich die energiearmen Strahlungskomponenten zurückgehalten, so daß die durchtretende Strahlung energiereicher ist. Die Röntgenstrahlung hat durch diesen Filter also eine Aufhärtung erfahren.

3.) Eigene Untersuchungen zur Auswertung der Ergebnisse des Ropak-Verfahrens.

Das Ropak-Verfahren hatte sich zum Ziel gesetzt, die Röntgenapparate in der zahnärztlichen Praxis auf Strahlensicherheit zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde jedem Zahnarzt ein lichtdicht verpackter Film im Format 24 x 30 cm pro Tubus für seinen Röntgenapparat übersandt. Die Belichtung dieses Filmes mußte nach bestimmten Bedingungen (B a b o r (4), S o n n a b e n d (4), (55)) mit der Belichtungszeit für eine intraorale Zahnrontgenaufnahme eines oberen Molaren belichtet werden.

Außer dem Röntgenfilm wurde im Ropak (Röntenpaket) ein Filtersystem mit belichtet, welches Aussagen über die Strahlenqualität und applizierte Dosis erlaubte.

Nach der Entwicklung der Röntgenfilme wurden die einzelnen Ergebnisse protokollarisch erfaßt, und der Film, neben der Ermittlung der Feldgröße, densitometrisch bezüglich der applizierten Dosis und Strahlenqualität ausgewertet.

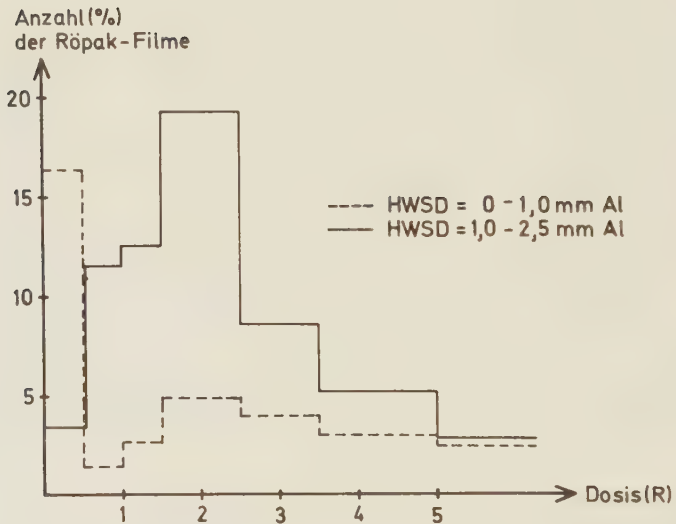
Von 20 066 Ropakfilmen wurden mittels eines Computers die Gesamtergebnisse festgestellt. In der Folge sollen diese hinsichtlich der Abhängigkeit einzelner Faktoren zueinander untersucht werden, wobei es auf die applizierte Dosis, die Strahlenqualität und ihre Beziehungen zur Strahlenintensität (Stromstärke, Belichtungszeit), Röhrenspannung, das Filmmaterial, den verwandten kurzen oder langen Tubus und die einzelnen Röntgenapparate der Firmen ankam.

3.1.) Die bei verschiedener Strahlenqualität ermittelte Dosis.

Dosis (R)	HWSD mm Al	Anzahl der Filme (%)
0 - 0,5	0 - 1,0	16,39
0,5 - 1,0	"	1,42
1,0 - 1,5	"	2,64
1,5 - 2,5	"	4,95
2,5 - 3,5	"	3,97
3,5 - 5,0	"	3,09
über 5,0	"	2,50
0 - 0,5	1,0 - 2,5	3,52
0,5 - 1,0	"	11,69
1,0 - 1,5	"	12,65
1,5 - 2,5	"	19,37
2,5 - 3,5	"	8,65
3,5 - 5,0	"	5,29
über 5,0	"	2,94
0 - 0,5	über 2,5	0,19
0,5 - 1,0	"	0,16
1,0 - 1,5	"	0,20
1,5 - 2,5	"	0,17
2,5 - 3,5	"	0,07
3,5 - 5,0	"	0,02
über 5,0	"	0,05

Tabelle 1: Die Anzahl der Röntgen-Filme (in Prozent) in Abhängigkeit der ermittelten Dosis bei verschiedener Strahlenqualität, bezogen auf die Gesamtzahl der untersuchten Filme von 20 066.

Abb. 1: zeigt die Tabelle 1 in der graphischen Darstellung. Auf die Darstellung der HWSD = über 2,5 mm Al wurde verzichtet.



Die Aufstellung zeigt, daß nur ein geringer Teil der am Röntgen-Verfahren beteiligten Zahnärzte eine harte Strahlenqualität verwendet. Er ist so gering, daß eine Auswertung nicht lohnt.

Die meisten Röntgenapparate (64,11 %) erbrachten ein Strahlengemisch mit einem Härtungsgleichwert von 1,0 - 2,5 mm Al. Am häufigsten wurden Röpak-Filme hier mit einer Dosis von 1,5 - 2,5 R belastet, was meines Erachtens unnötig hoch ist.

34,96 % der Röntgenapparate zeigten ein weiches Strahlengemisch von 1,0 mm Al HWS. Hier wurde am häufigsten eine Dosis von 0 - 0,5 R verwendet.

Betrachtet man das Verhältnis von Röntgengeräten, die mit einer Dosis von unter 2,5 R arbeiten, zu Strahlern, die mit einer Dosis über 2,5 R arbeiten, so ergibt sich in beiden Strahlenqualitätsbereichen ein Quotient von ungefähr 2,6 : 1. Dies ist überraschend, da man gerade bei der weichen Strahlung die Gefahr der hohen Dosen befürchtet.

3.1.1.) Die bei verschiedener Strahlenqualität ermittelte Dosis, aufgegliedert nach Herstellerfirmen.

3.1.1.1.) Röntgenapparate der Firma CHF Müller
(Oralix und DA 10)

Insgesamt wurden 6670 Geräte der Firma CHF Müller untersucht, das sind 33,24 % aller untersuchten Röntgenapparate von 20 066. 5452 Zahnärzte benutzten einen Oralix, 717 Kollegen verwenden ein Gerät vom Typ DA 10. Da die meisten Röntgenstrahler eine Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al Här tungsgleichwert erbrachten - insgesamt 61 % aller Müllergeräte - wurde die Auswertung nur für diese Strahlenqualität vorgenommen. Von diesen 61 % entfallen 50,5 % auf den Oralix und 10,5 % auf das Gerät vom Typ DA 10. Die Prozentzahlen der Tabelle sind auf die Gesamtzahl der jeweils untersuchten Geräte vom Typ Oralix (5 452 = 100 %) und DA 10 (717 = 100 %) bezogen.

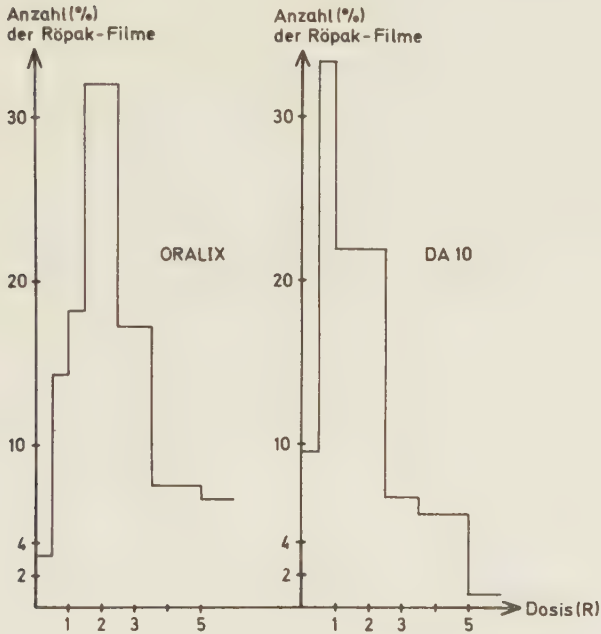
Dosis (R)	HWSD mm Al	Oralix (%)	DA 10 (%)
0 - 0,5	1,0 - 2,5	3,26	9,52
0,5 - 1,0	"	14,33	33,35
1,0 - 1,5	"	18,21	21,91
1,5 - 2,5	"	32,08	21,91
2,5 - 3,5	"	17,22	6,67
3,5 - 5,0	"	7,52	5,71
über 5,0	"	6,73	0,95

Tabelle 2: Die Anzahl der Ropak-Filme (in %) in Abhängigkeit von der aufgewendeten Dosis bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD, die mit Röntgenapparaten der Firma CHF Müller aufgenommen wurden.

Beim Oralix wurde am häufigsten eine Dosis von 1,5 - 2,5 R appliziert. Beinahe ebensoviele Ropak-Filme, nämlich 31,47 %, wurden mit einer Dosis über 2,5 R ermit-

telt, so daß die Kurve zu den hohen Dosen hin relativ langsam abfällt.

Abb. 2: zeigt Tabelle 2 in der graphischen Darstellung.



Obwohl nur verhältnismäßig wenig Geräte vom Typ DA 10 im Gebrauch sind, läßt sich bei der Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO ein wesentlicher Unterschied zum Typ Oralix feststellen. Für die im Ropak-Verfahren gemachten Aufnahmen wurde im Gegensatz zum Oralix der niedrige Dosisbereich von 0,5 - 1,0 R bevorzugt (33,35 %).

Betrachtet man das Verhältnis von Aufnahmen mit unter 2,5 R, zu Aufnahmen mit über 2,5 R, so ergibt sich beim OraliX ein Wert von etwa 2 : 1. Beim DA 10 dagegen liegt das Verhältnis bei etwa 6,5 : 1. Der Apparat vom Typ DA 10 ist also diesbezüglich wesentlich günstiger zu beurteilen (Filterung, Röhrenstrom).

3.1.1.2.) Röntgenapparate der Firma Ritter
(D 4, D 8, D 9)

Es wurden 5 377 Geräte der Firma Ritter - das sind 26,79 % aller untersuchten Röntgenstrahler - zur Belichtung des Ropak-Filmes benutzt. 5,32 % der Zahnärzte machten keine näheren Angaben über den Typ ihres Gerätes. 58,726 % der Ritter-Geräte entfallen auf den D 4, 20,085 % auf den D8 und 15,867 % auf den D 9. Insgesamt 84,1 % aller Röntgenstrahler der Firma Ritter besitzen eine Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWS; davon sind 54,1 % vom Typ D 4, 16,9 % vom Typ D 8 und 13,1 % vom Typ D 9. Die Anzahl der Geräte, die eine Strahlenqualität von 1,0 oder 2,5 mm Al HWS erzeugten, ist so gering, daß diese Erhebungen keinen Aussagewert besitzen und deshalb nicht aufgeführt sind.

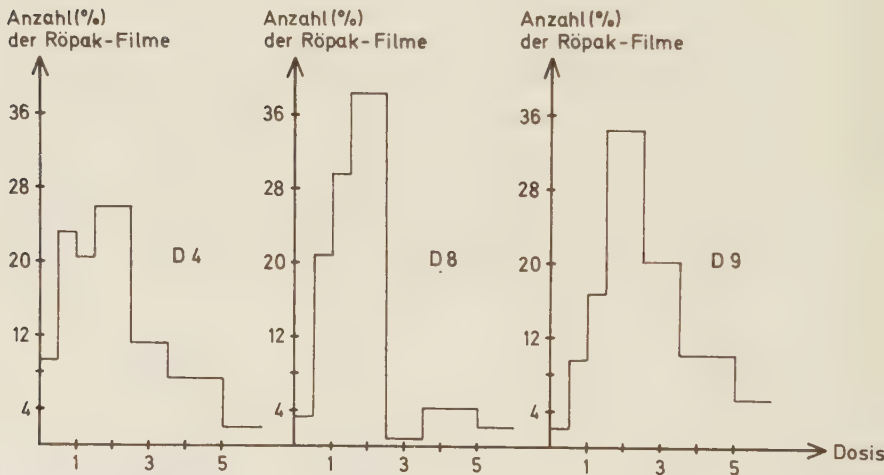
Dosis (R)	D 4 (%)	D 8 (%)	D 9 (%)
0 - 0,5	9,42	3,54	2,29
0,5 - 1,0	23,10	20,70	9,16
1,0 - 1,5	20,33	29,57	16,80
1,5 - 2,5	26,24	38,45	34,37
2,5 - 3,5	11,27	1,18	21,38
3,5 - 5,0	7,39	4,14	10,69
über 5,0	2,21	2,36	5,34

Tabelle 4: Hier wird die Anzahl der Ropak-Filme (in %) in Abhängigkeit von der aufgewendeten Dosis bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWS aufgeführt. Dabei handelt es sich um Geräte der Firma Ritter.

Die Tabelle für das Gerät vom Typ D 4 zeigt ganz deutlich zwei Höhepunkte bei einer Dosis von 0,5 - 1,0 R und im Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R. Der Abfall zu den hohen Dosen hin ist steil. Sowohl der D 8 als auch der D 9

zeigen ihr Maximum in einem Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R. Während die Zahl der hohen Dosen über 2,5 R beim D 8

Abb. 3: zeigt Tabelle 4 in der graphischen Darstellung.



noch geringer ist als beim D 4, steigt sie beim D 8 doch ganz erheblich an (37,41 %). Betrachtet man das Verhältnis der Ropak-Filme, die mit einer Dosis unter 2,5 R gemacht wurden, zu der Anzahl derjenigen, die mit einer Dosis über 2,5 R belichtet wurden, so ergibt sich beim D 4 ein Verhältnis von etwa 4 : 1. Dieser Wert steigt beim Gerät vom Typ D 8 auf 12 : 1 und sinkt beim D 9 auf etwa 2 : 1. Vom Standpunkt des Strahlenschutzes aus ist also die Leistung des Rittergerätes D 8 am günstigsten zu beurteilen.

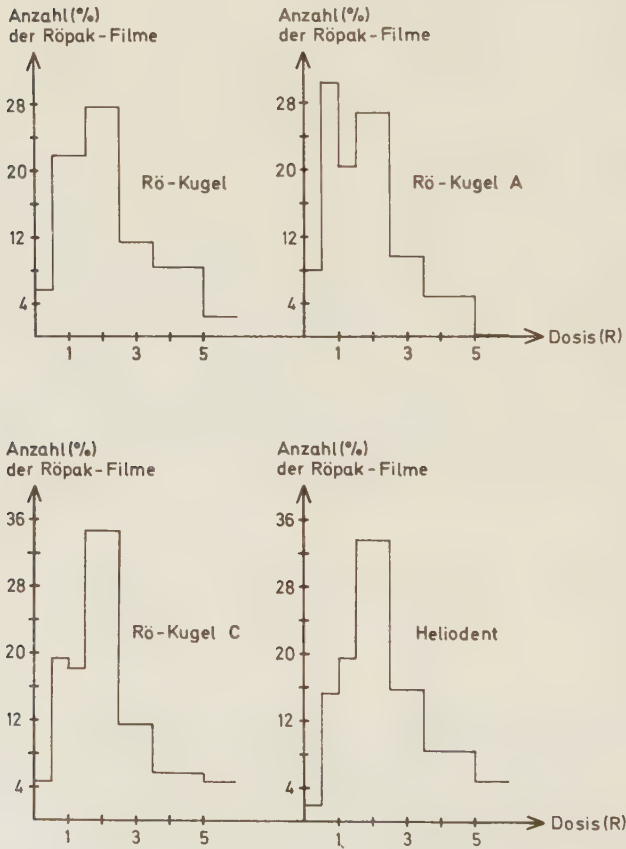
3.1.1.3.) Röntgenapparate der Firma Siemens (Kugel, Heliodont)

Insgesamt wurden 5583 Röntgenstrahler der Firma Siemens erfaßt, das ergibt einen Prozentsatz von 27,82 aller beim Ropak-Verfahren untersuchten Geräte von 20 066. Von diesen 5 583 Röntgengeräten arbeiten 3841 - das sind 68,8 % - mit einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO. Davon gaben 28,8 % der Zahnärzte bei der Frage nach dem Gerät "Röntgenkugel" (Rö-Kugel) an, 6,3 % verwenden eine Röntgenkugel A (Rö-Kugel A), 10,3 % benutzen die Röntgenkugel C (Rö-Kugel C) und 23,4 % arbeiten mit einem Röntgenapparat vom Typ Heliodont. Die Anzahl der Ropak-Filme von Geräten mit weicher Strahlenqualität von 1,0 mm Al HWSO ist bei all diesen Geräten sehr gering und wurde deshalb nicht ausgewertet. Für die Geräte mit einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO ist bei der Röntgenkugel, der Röntgenkugel C und dem Heliodont der Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R am häufigsten vertreten. Die hohen Dosen sind nur selten anzutreffen. Die Röntgenkugel A dagegen bevorzugt den niedrigen Dosisbereich von 0,5 - 1,0 R.

Dosis (R)	Rö-Kugel (%)	Rö-Kugel A (%)	Rö-Kugel C (%)	Heliodont (%)
0 - 0,5	5,90	7,92	4,85	2,13
0,5 - 1,0	21,87	30,13	19,41	15,38
1,0 - 1,5	21,87	20,61	18,44	19,66
1,5 - 2,5	27,71	26,96	34,95	33,77
2,5 - 3,5	11,45	9,51	11,65	15,81
3,5 - 5,0	8,33	4,75	5,82	8,54
über 5,0	2,77	--	4,85	5,15

Tabelle 3: Die Prozentzahl der Ropak-Filme in Abhängigkeit von der aufgewendeten Dosis bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO mit Röntgengeräten der Firma Siemens

Abb. 4: zeigt Tabelle 3 in der graphischen Darstellung.



Betrachtet man das Verhältnis der Ropak-Filme mit einer Dosis unter 2,5 R und über 2,5 R, so schneidet die Röntgenkugel A am besten ab, gegenüber der Röntgenkugel C und der Röntgenkugel, die etwa gleich sind. Am ungünstigsten ist das Verhältnis beim Hélio-dent.

3.1.1.4.) Vergleich der Röntgengeräte der verschiedenen Firmen untereinander.

In der nachfolgenden Tabelle haben wir versucht, die Werte der einzelnen Röntgenapparate der drei Firmen zu einem Vergleich nebeneinander zu stellen. Tabelle 5 und Abbildung 5 zeigen, daß bei den Geräten Oralix, Röntgenkugel, Röntgenkugel C, Heliodent, D 4, D 8 und D 9 die Dosis an der Tubusspitze am häufigsten im Bereich von 1,5 - 2,5 R liegt. Niedriger liegen die Dosismaxima beim DA 10 und bei der Röntgenkugel A. Als einziges Gerät zeigt der D 4 auch in dem niedrigen Bereich von 0,5 - 1,0 R ein zweites Maximum.

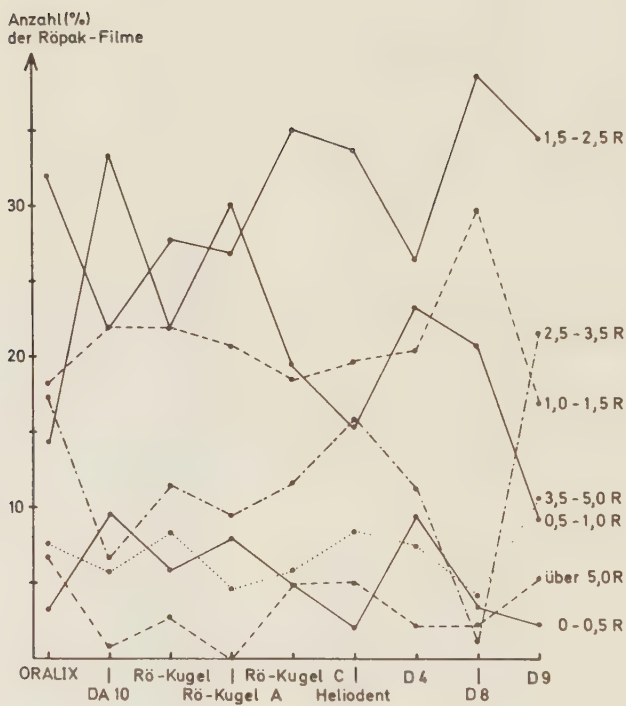
In Bezug auf den Strahlenschutz interessieren vor allem die Dosen über 5,0 R. Hier zeigt sich bei den Kleinströntgenapparaten, daß der Prozentsatz beim Oralix und beim D 9 am höchsten liegt. Dicht auf folgt der Heliodent. DA 10 und Röntgenkugel A schneiden am günstigsten ab. In diesem Zusammenhang könnte das Problem ungenau arbeitender Zeitschalter eine Rolle spielen.

Dosis (R)	OraliX (%)	DA 10 (%)	Rö-Ku (%)	Rö-Ku A (%)	Rö-Ku C (%)	Heliodent (%)	D 4 (%)	D 8 (%)	D 9 (%)
0 - 0,5	3,26	9,52	5,90	7,92	4,85	2,13	9,42	3,54	2,29
0,5 - 1,0	14,33	33,35	21,87	30,13	19,41	15,38	23,10	20,70	9,16
1,0 - 1,5	18,21	21,91	21,87	20,61	18,44	19,66	20,33	29,57	16,80
1,5 - 2,5	32,08	21,91	27,71	26,96	34,95	33,77	26,24	38,45	34,37
2,5 - 3,5	17,22	6,67	11,45	9,51	11,65	15,81	11,27	1,18	21,38
3,5 - 5,0	7,52	5,71	8,33	4,75	5,82	8,54	7,39	4,14	10,69
über 5,0	6,73	0,95	2,77	--	4,85	5,15	2,21	2,36	5,34

1
2
1

Tabelle 5: Die Prozentzahl der Ropak-Filme in Abhängigkeit von der aufgewendeten Dosis bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWS mit Röntgengeräten verschiedener Firmen im Vergleich.

Abb. 5: zeigt Tabelle 5 in der graphischen Darstellung.



3.2. Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und der Röhrenspannung.

Die Auswertung führt nur bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO zu einem auswertbaren Ergebnis.

Dosis (R)	50 kV (%)	50 - 55 kV (%)	55 - 60 kV (%)	über 60 kV (%)
0 - 0,5	0,8	0,1	1,1	0,1
0,5 - 1,0	3,6	0,4	3,6	0,2
1,0 - 1,5	4,6	0,5	3,2	0,2
1,5 - 2,5	7,9	0,6	3,7	0,2
2,5 - 3,5	4,4	0,2	1,6	0,1
3,5 - 5,0	2,3	0,1	0,1	0,1
über 5,0	1,6	0,1	0,3	-

Tabelle 6: Anzahl der Röpak-Filme in Prozent in Abhängigkeit von der Dosis bei verschiedenen kV-Zahlen. Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der untersuchten Röntgenfilme von 20 066.

Die meisten der ausgewerteten Röntgenfilme wurden mit Röntgenstrahlern belichtet, deren Röhrenspannung 50 kV ist. Mit Abstand folgt der Bereich von 55 - 60 kV. Die Röntgengeräte mit über 60 kV sind nur in sehr geringem Maße vertreten. Die Hartstrahltechnik hat sich also in der Bundesrepublik nicht durchgesetzt. Auffallend bei dieser Untersuchung war die hohe Zahl von Zahnärzten (etwa 35 %), welche die Röhrenspannung ihres Gerätes nicht angeben konnten.

Das Maximum der Dosis liegt jeweils in dem Bereich von 1,5 - 2,5 R mit Ausnahme des Bereiches von über 60 kV, der eine fast gleichmäßige Streuung der Dosis in alle Bereiche zeigt. Dies ist wohl auf die geringe Anzahl der Röntgenapparate mit einer Spannung über 60 kV zurückzuführen.

3.3. Die Abhängigkeit der Dosis von der Belichtungszeit bei verschiedener Strahlenqualität.

Dosis (R)	Belichtungszeit in sec.				
	≤ 0,5 (%)	0,5-1,0 (%)	1,0-1,5 (%)	1,5-2,0 (%)	über 2,0 (%)
0 - 1,0	1,09	1,27	0,41	0,14	0,05
1,0 - 1,5	0,96	1,63	0,12	0,04	0,06
1,5 - 2,5	0,99	3,06	0,91	0,11	0,10
2,5 - 3,5	0,46	2,15	1,06	0,30	0,11
3,5 - 5,0	0,25	1,28	0,97	0,53	0,13
über 5,0	0,11	1,02	0,75	0,42	0,24

Tabelle 7: zeigt, wieviel Prozent der Röntgengeräte bei einer bestimmten Belichtungszeit eine bestimmte Dosis abgaben. Es wurde nur die Strahlenqualität von 0 - 1,0 mm Al HWSO ausgewertet (20 066 = 100 %).

Dosis (R)	Belichtungszeit in sec				
	≤ 0,5 (%)	0,5-1,0 (%)	1,0-1,5 (%)	1,5-2,0 (%)	über 2,0 (%)
0 - 1,0	6,69	6,81	1,22	0,46	0,60
1,0 - 1,5	2,91	7,37	1,70	0,32	0,52
1,5 - 2,5	2,65	10,56	4,61	1,18	0,69
2,5 - 3,5	0,75	4,49	2,49	1,18	0,39
3,5 - 5,0	0,39	2,23	1,52	0,80	0,45
über 5,0	0,18	1,12	0,89	0,51	0,34

Tabelle 8: Hier wurde die Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO ausgewertet. Die übrigen Angaben von Tabelle 7 gelten auch hier.

Die Auswertung zeigt, daß bei den Röntgengeräten mit einer Strahlung von ≤ 1,0 mm Al HWSO, wie zu erwarten ist, bei steigender Belichtungszeit auch die Anzahl der hohen Dosen steigt. Vor allem Tabelle 7 zeigt das sehr deutlich. Beide Tabellen lassen erkennen, daß der Zahnarzt

bei der Belichtung eines oberen Molaren am häufigsten 0,5 - 1,0 sec angewendet hat. Der an zweiter Stelle liegende Belichtungsbereich von 1,0 - 2,5 sec stimmt hinsichtlich der bewirkenden Faktoren bedenklich.

Erfreulicherweise liegt bei Tabelle 8 die Belichtungszeit von 0 - 0,5 sec an zweiter Stelle. Durch diese kurze Belichtungszeit liegt das Maximum der Dosis bei einem Wert von $\leq 1,0$ R und die Zahl der zu hohen Dosen über 5,0 R ist mit 0,18 % äußerst gering.

3.4. Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und den verwendeten Röntgenfilmen.

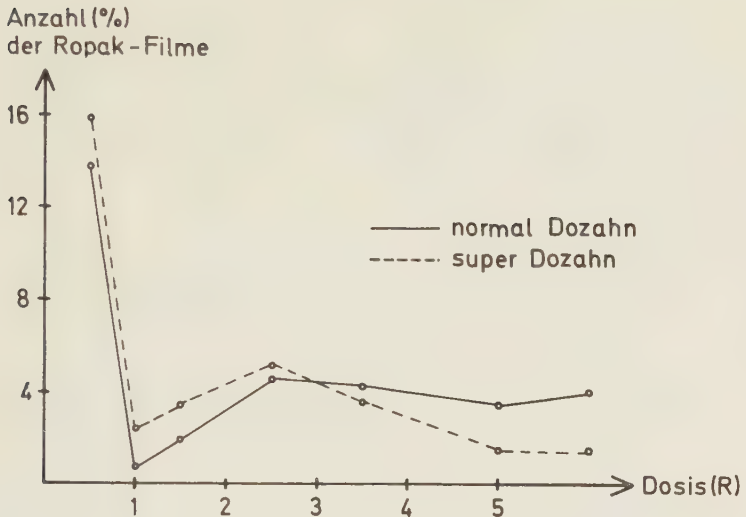
3.4.1. Vergleich der Filme normal Dozahn : super Dozahn der ADOX-Werke.

Dosis (R)	normal Dozahn (%)	super Dozahn (%)	ohne Angabe (%)
0 - 0,5	13,76	15,75	17,91
0,5 - 1,0	0,79	2,32	0,99
1,0 - 1,5	1,98	3,48	2,48
1,5 - 2,5	4,63	5,13	4,47
2,5 - 3,5	4,29	3,61	1,74
3,5 - 5,0	3,52	2,63	2,73
über 5,0	4,04	1,56	1,49

Tabelle 9: Prozentualer Anteil der normal Dozahn und super Dozahn-Filme (bezogen auf 4678 untersuchte normal Dozahn und 4480 untersuchte super Dozahn-Filme) bei einer HWSD von 0 - 1,0 mm Al und verschiedener verabreichter Dosis.

Legt man dem Vergleich normal Dozahn : super Dozahn eine Strahlenqualität von 0 - 1,0 mm Al HWSD zu Grunde, so liegt das Maximum beider Filmkurven im Dosisbereich von 0 - 0,5 R, also erfreulich niedrig. Leider machten etwa 1/3 der Zahnärzte keine näheren Angaben über den verwendeten ADOX-Film, so daß diese Filme unter der Spalte ohne Angabe eingereiht wurden. Beim normal Dozahn liegen 11,85 % der Messungen über 2,5 R, beim super Dozahn sind es nur 7,80 %. Auch der Vergleich der Dosen über 5,0 R zeigt deutlich, daß die Verwendung des super Dozahn gegenüber dem normal Dozahn große Vorteile im Bezug auf die Dosis bringt.

Abb. 6: zeigt Tabelle 9 in der graphischen Darstellung.

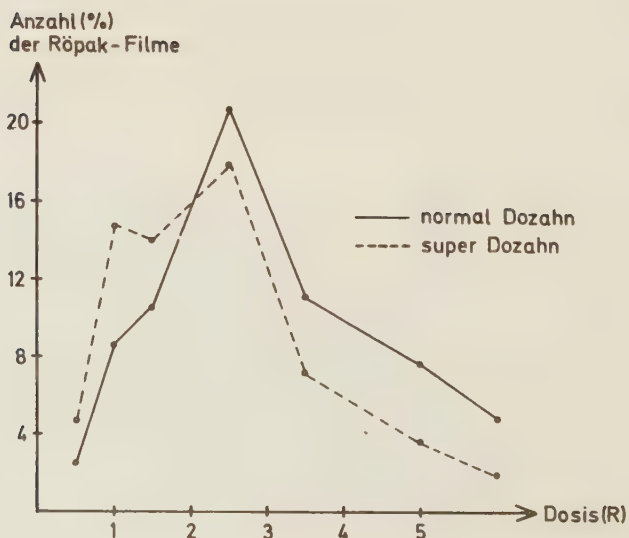


Noch augenfälliger ist die Wirkung des super Dozahn, wenn man den Vergleich bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD anstellt. Hier liegt das Maximum beider Filmkurven im Bereich von 1,5 - 2,5 R. Bei der Verwendung des normal Dozahn liegen 23,57 % der Messungen über 2,5 R, bei der Verwendung des super Dozahn aber nur 12,86 %. Das bedeutet eine Verminderung um nahezu 50 % und bestätigt damit vergleichsweise Messungen von S o n n a b e n d (49) und anderen Autoren.

Dosis (R)	normal Dozahn (%)	super Dozahn (%)	ohne Angabe (%)
0 - 0,5	2,54	4,73	2,73
0,5 - 1,0	8,61	14,75	10,94
1,0 - 1,5	10,58	13,99	12,68
1,5 - 2,5	20,73	17,79	24,62
2,5 - 3,5	11,09	7,20	9,45
3,5 - 5,0	7,65	3,72	5,22
über 5,0	4,83	1,94	0,74

Tabelle 10: Wie Tabelle 9, aber bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD.

Abb. 7: zeigt Tabelle 10 in der graphischen Darstellung.



3.4.2. Vergleich der Filme Agfa : Agfa ultra rapid.

Unter der Bezeichnung Agfa laufen alle Filme, die nicht als Agfa ultra rapid gekennzeichnet waren.

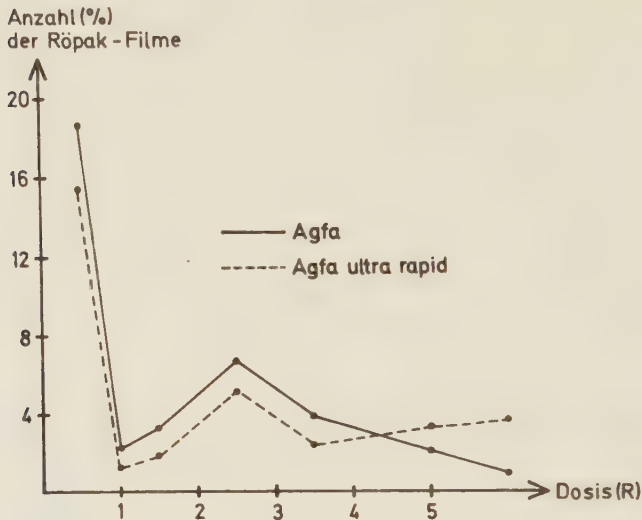
Die Tabelle 11 zeigt, daß die meisten Filme sowohl vom Typ Agfa, als auch vom Typ ultra rapid mit einer Dosis von 0 - 0,5 R belichtet wurden. 6,88 % der Agfa-

Dosis (R)	Agfa (%)	Agfa ultra rapid (%)
0 - 0,5	18,62	15,38
0,5 - 1,0	2,24	1,28
1,0 - 1,5	3,34	1,90
1,5 - 2,5	6,64	5,09
2,5 - 3,5	3,80	4,47
3,5 - 5,0	2,07	3,18
über 5,0	1,01	3,58

Tabelle 11: Die Strahlenqualität von 0 - 1,0 mm Al HWSO wurde ausgewählt. Die Tabelle zeigt, wieviele Filme der jeweiligen Art und mit welcher Dosis belichtet wurden. Die Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der von jeder Art untersuchten Filme (2 363 Agfa, 1 787 Agfa ultra rapid).

Filme wurden mit über 2,5 R belichtet, gegenüber 11,23 % der Agfa ultra rapid Filme. Erstaunlich ist, daß wesentlich mehr Agfa ultra rapid Filme mit über 5,0 R belichtet wurden als Agfa Filme, obwohl doch die Dosis vermindernde Wirkung der hoch empfindlichen Filme immer wieder hervorgehoben wird.

Abb. 8: zeigt Tabelle 11 in der graphischen Darstellung.



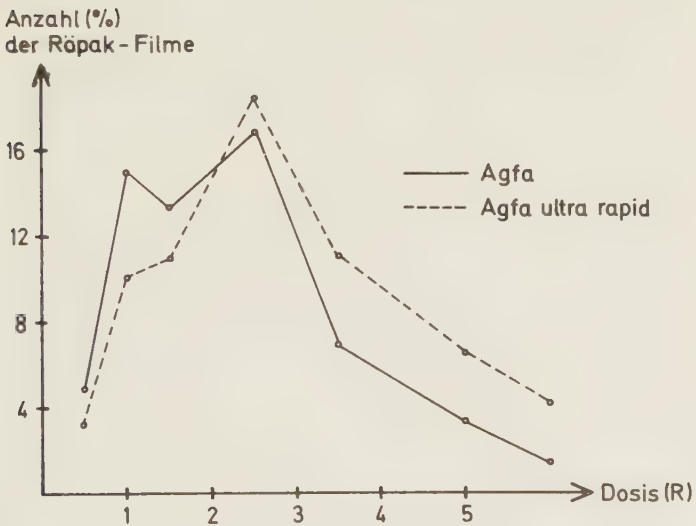
In der Tabelle 12 liegt das Maximum der Filmkurven in einem Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R.

Dosis (R)	Agfa (%)	Agfa ultra rapid (%)
0 - 0,5	4,90	3,24
0,5 - 1,0	14,89	10,01
1,0 - 1,5	13,28	10,91
1,5 - 2,5	16,75	18,41
2,5 - 3,5	6,89	11,08
3,5 - 5,0	3,38	6,65
über 5,0	1,43	4,14

Tabelle 12: Wie Tabelle 11, aber bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWS.

Es wurden 11,70 % der ausgewerteten Filme vom Typ Agfa mit einer Dosis über 2,5 R belichtet, während dieser Prozentsatz beim Agfa ultra rapid mit 21,87 % fast doppelt so hoch liegt. Auch in dieser Tabelle zeigt die Filmkurve des Agfa ultra rapid im Dosisbereich über 5,0 R einen wesentlich höheren Wert als bei der Filmkurve vom Typ Agfa.

Abb. 9: zeigt Tabelle 12 in der graphischen Darstellung.



3.4.3. Vergleich der Filme Kodak - Kodak ultraspeed -
Kodak Defilux.

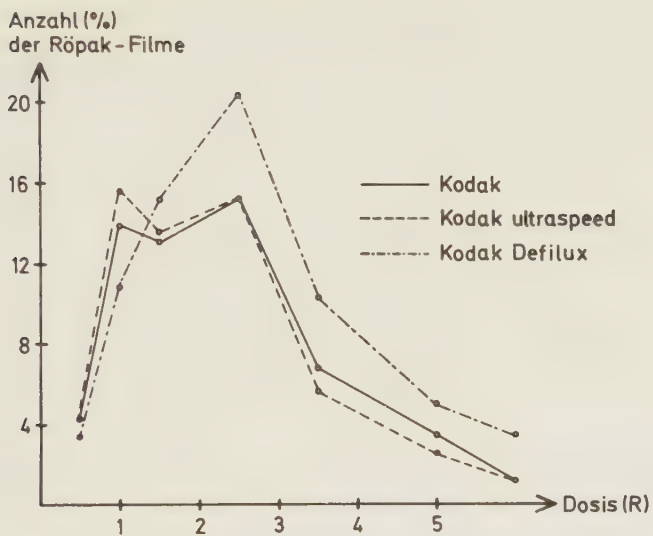
Unter Kodak laufen alle Filme o h n e nähere Angabe, und alle Fälle, bei denen als Film der Radia-Tized verwendet wurde.

Dosis (R)	Kodak (%)	ultraspeed (%)	Defilux (%)
0 - 0,5	4,32	4,35	3,54
0,5 - 1,0	13,91	15,58	10,91
1,0 - 1,5	13,19	13,60	15,14
1,5 - 2,5	15,30	15,45	20,46
2,5 - 3,5	6,80	5,68	10,36
3,5 - 5,0	3,47	2,64	5,04
über 5,0	1,23	1,18	3,54

Tabelle 13: Die Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD wurde ausgewählt. Die Tabelle zeigt, wieviele Filme der jeweiligen Art und mit welcher Dosis belichtet wurden. Die angegebenen Prozentzahlen beziehen sich auf die Gesamtzahl der von jeder Art untersuchten Filme (Kodak: 647, Ultraspeed: 757, Defilux: 733).

Die Tabelle zeigt, daß die höher empfindlichen Filme bedeutend häufiger verwendet werden, als die normal empfindlichen. Die Maxima der drei Filmkurven liegen im Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R. Der Kodak ultraspeed weist als einziger ein zweites Maximum in dem niedrigen Dosisbereich von 0,5 - 1,0 R auf. 11,50 % der Kodak-Filme, 9,50 % der ultraspeed-Filme und 18,94 % der Defilux-Filme wurden mit einer Dosis über 2,5 R belichtet. Der Defilux schneidet auch bei den Dosen über 5,0 R am schlechtesten ab.

Abb. 10: zeigt Tabelle 13 in der graphischen Darstellung.



3.4.4.) Vergleich der normal empfindlichen Filme
der Firmen Adox, Agfa und Kodak.

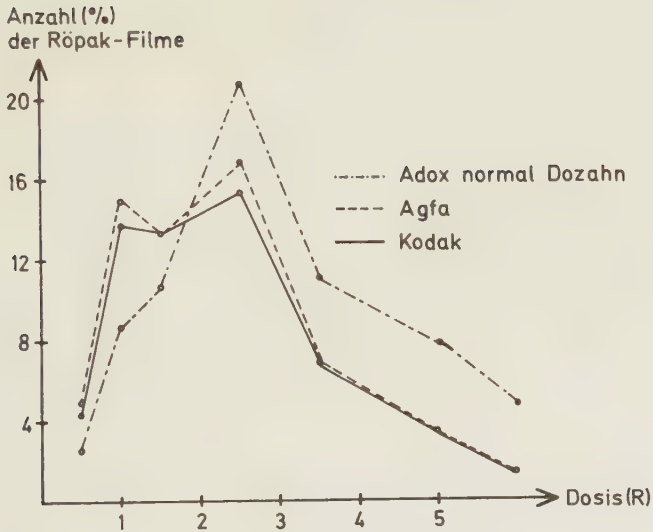
Die Tabelle 14 zeigt, daß bei der am häufigsten verwendeten Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD die normal empfindlichen Filme von Kodak und Agfa wesentlich günstigere Werte aufweisen - wenn man die Dosen über 2,5 R betrachtet - als der Normalfilm von Adox. Sowohl

Dosis (R)	Adox (%)	Agfa (%)	Kodak (%)
0 - 0,5	2,54	4,90	4,32
0,5 - 1,0	8,61	14,89	13,91
1,0 - 1,5	10,58	13,28	13,19
1,5 - 2,5	20,73	16,75	15,30
2,5 - 3,5	11,09	6,89	6,80
3,5 - 5,0	7,65	3,38	3,47
über 5,0	4,83	1,43	1,23

Tabelle 14: Die Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD wurde ausgewählt. Die Zahlenangaben beziehen sich auf die Tabellen 10, 12 und 13.

bei den Dosen über 2,5 R, als auch bei den besonders hohen Dosen über 5,0 R liegt der normal Dozahn weit an der Spitze. Er darf also als der am wenigsten empfindliche Film in der Skala der Normalfilme bezeichnet werden.

Abb. 11: zeigt die Tabelle 14 in der graphischen Darstellung.



3.4.5. Vergleich der hochempfindlichen Filme der Firmen Adox, Agfa und Kodak.

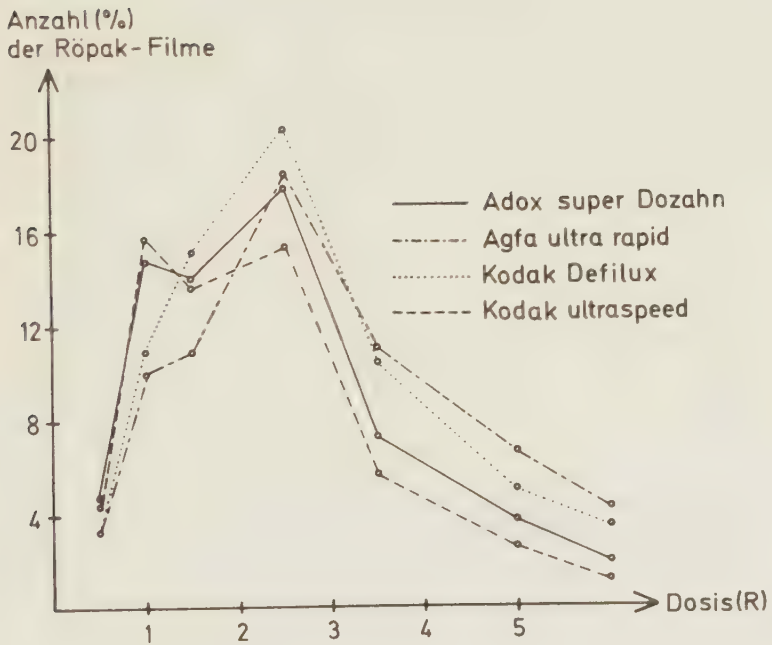
Der Zahnröntgenfilm ultra rapid der Firma Agfa weist in 21,87 % der Fälle im Dosisbereich über 2,5 R auf. Er wird, wie aus Tabelle 15 hervorgeht, gefolgt von den Filmen Defilux und super Dozahn. Der ultraspeed von Kodak liegt hier weitaus am günstigsten. Auch bei Dosen über

Dosis (R)	super Dozahn (Adox) (%)	ultra rapid (Agfa) (%)	ultraspeed (Kodak) (%)	Defilux (Kodak) (%)
0 - 0,5	4,73	3,24	4,35	3,54
0,5 - 1,0	14,75	10,01	15,58	10,91
1,0 - 1,5	13,99	10,91	13,60	15,14
1,5 - 2,5	17,79	18,41	15,45	20,46
2,5 - 3,5	7,20	11,08	5,68	10,36
3,5 - 5,0	3,72	6,65	2,64	5,04
über 5,0	1,94	4,14	1,18	3,54

Tabelle 15: Vergleich der hochempfindlichen Filme der Firmen Adox, Agfa und Kodak bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSD. Das Zahlenmaterial stammt aus den Tabellen 10, 12 und 13.

5,0 R liegt der ultra rapid vorne, ultraspeed und super Dozahn weisen fast die gleichen Werte auf. Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, daß die Filme ultraspeed der Firma Kodak und der super Dozahn der Firma Adox die empfindlichsten der untersuchten Filme sind.

Abb. 12: zeigt Tabelle 15 in der graphischen Darstellung.



3.5. Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und der Tubuslänge.

Die Auswertung zeigt, daß sich der lange Tubus bei den Zahnärzten keiner Beliebtheit erfreut.

Dosis (R)	Tubus kurz (-15 cm) (%)	Tubus lang (über 15 cm) (%)
0 - 0,5	3,93	0,65
0,5 - 1,0	13,97	0,90
1,0 - 1,5	14,70	0,59
1,5 - 2,5	21,78	0,89
2,5 - 3,5	10,33	0,32
3,5 - 5,0	5,59	0,22
über 5,0	2,78	0,09

Tabelle 16: Die Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al
HWSD wurde ausgewählt. Aus der Tabelle ist
zu entnehmen, mit welcher Dosis die Filme
mit dem jeweiligen Tubus belichtet wurden.
(20 066 = 100 %)

Mit dem kurzen Tubus wurden 54,38 % der ausgewerteten Filme mit einer Dosis unter 2,5 R und 18,70 % der belichteten Filme mit einer Dosis über 2,5 R belichtet. Dies entspricht einem Verhältnis von etwa 3 : 1. Das analog gebildete Verhältnis beim langen Tubus beträgt aber 5 : 1. Dies läßt die Dosis vermindernde Wirkung des langen Tubus erkennen.

3.6. Die Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und dem Röhrenstrom.

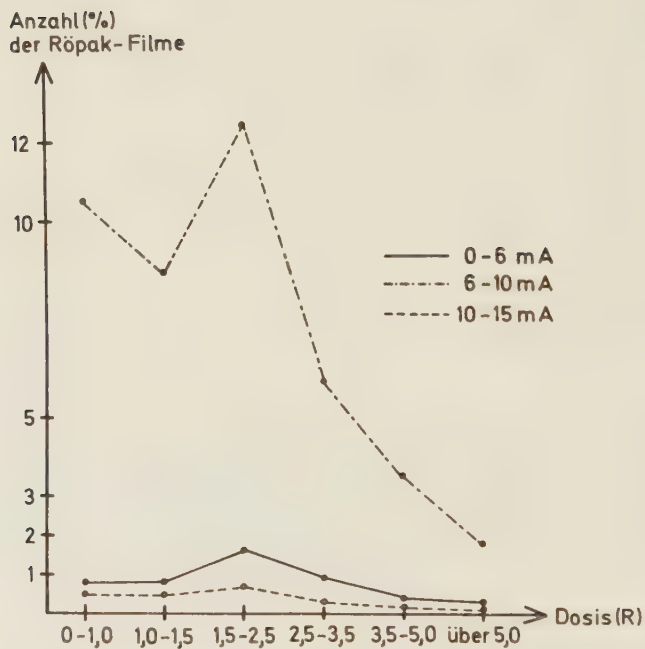
Aus der Tabelle 17 ist zu erkennen, daß die Mehrzahl der untersuchten Röntgenapparate also mit einem Röhrenstrom zwischen 6 und 10 mA arbeitet.

Dosis (R)	Röhrenstrom				
	0 - 6	6 - 10	10 - 15	über 15	keine Angabe
	(mA) (%)	(mA) (%)	(mA) (%)	(mA) (%)	(%)
≤ 1,0	0,8	10,5	0,5	0,1	6,3
1,0 - 1,5	0,8	8,7	0,5	0,1	4,8
1,5 - 2,5	1,6	12,4	0,7	0,1	7,7
2,5 - 3,5	0,9	5,9	0,3	-	3,3
3,5 - 5,0	0,4	3,5	0,2	-	1,8
über 5,0	0,3	1,8	0,1	-	1,1

Tabelle 17: Die Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO wurde ausgewählt. Die Tabelle zeigt, bei welchem Röhrenstrom welche Dosis verwendet wurde. Die Prozentzahlen sind auf die Zahl der insgesamt untersuchten Röntgenstrahler von 20 066 bezogen.

Die Kurve in Abbildung 12 für diesen mA-Bereich zeigt zwei Maxima: Einmal im Bereich von $\leq 1,0$ R und zum zweiten im Bereich von 1,5 - 2,5 R. Alle anderen Kurven zeigen im Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R ihre höchste Erhebung. Es fällt auf, daß die Kurven für ≤ 6 mA und 10 - 15 mA nahezu parallel verlaufen. Bemerkenswert ist auch, daß 25 % der Zahnärzte keine Angaben über die Stärke des Röhrenstromes ihres Röntgengerätes machen können.

Abb. 13: zeigt die Tabelle 17 in der graphischen Darstellung.



4. Kritische Auswertung der Ergebnisse.

Da die Röntgendiagnostik in erheblichem Maße an der zusätzlichen Strahlenbelastung beteiligt ist, muß eine ständige Überprüfung der zahnärztlichen Röntgengeräte, vor allem derjenigen älterer Bauart gefordert werden. Eine Möglichkeit dazu bietet das Ropak-Verfahren.

Im einzelnen wurde folgendes festgestellt:

1. Die Auswertung zeigt die Dosis einsparende Wirkung einer härteren Strahlung nicht hinreichend. Bei einer Strahlenqualität $\leq 1,0$ mm Al HWSD wurden die meisten Filme mit einer Dosis von 0 - 0,5 R belichtet, während bei der harten Strahlung von über 2,5 mm Al HWSD ein deutliches Maximum wegen der zu geringen Anzahl der so belichteten Filme nicht zu erkennen ist. Bei der Strahlenqualität von 1,5 - 2,5 mm Al HWSD liegt der Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R an der Spitze.
2. Diese Ergebnisse werden bei der Aufgliederung der Röntgengeräte nach Herstellerfirmen bestätigt. Die meisten dieser Röntgenstrahler geben bei einer Strahlenqualität von 1,5 - 2,5 mm Al HWSD eine Dosis von 1,5 - 2,5 R pro Aufnahme ab. Einzige Ausnahme bildet das Gerät von CHF Müller vom Typ DA 10, deren Auswertung der Ropak-Filme ihr Maximum im Bereich von 0,5 - 1,0 R hat, was auf die stärkere Filterung dieses Typs zurückzuführen ist.
3. Aus der Untersuchung über die Röhrenspannung geht hervor, daß die Spannungsbereiche bis 50 kV (25,2 %) und 55 - 60 kV (13,6 %) bevorzugt werden. Nur 0,9 % der erfaßten Röntgenstrahler weisen eine Röhrenspannung von über 60 kV auf.
4. Die relativ niedrige Hautoberflächendosis (1,5 - 2,5 R wurden am häufigsten verwendet) ist entweder auf die allgemein übliche geringe Belichtungszeit von 0,5 - 1,0 sec., oder auf die gute zusätzliche Filterung zu-

rückzuführen. Wenn man allerdings bedenkt, daß in der Fotografie mit $1/100$ sec. oder auch kürzeren Zeiten gearbeitet wird, so sollte man versuchen, auf diesem Weg für Dosiseinsparungen zu sorgen.

5. Die Adox-Zahnrontgenfilme werden am häufigsten verwendet. Der Dozahn-Film wurde allerdings genauso oft angewendet, wie der Super Dozahn, obwohl Untersuchungen eindeutig für den hochempfindlichen Super Dozahn, sowohl hinsichtlich der Herabsetzung der Dosis, als auch der Bildqualität, sprechen. Bei den Agfa-Filmen sind die normal empfindlichen Filme - das sind alle Filme, die nicht als Agfa ultra rapid bezeichnet waren - in der Überzahl: Insgesamt 2 363 normal empfindlichen Filmen stehen 1 787 hochempfindliche Filme gegenüber. Nur bei den Kodak-Filmen überwiegen deutlich die hochempfindlichen Filme.
6. 73 % der am Röpak-Verfahren beteiligten Zahnärzte verwenden bei einer Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSd den kurzen Tubus. Nur 3,6 % bevorzugen den langen Tubus, während 23,3 % der Zahnärzte über die Tubuslänge keine Angaben machen.
7. Die Auswertung des Röpak-Verfahrens zeigt, daß die meisten der in der Bundesrepublik hergestellten zahnärztlichen Röntgenstrahler auf einen Röhrenstrom von 6 - 10 mA eingestellt sind.

5. Zusammenfassung

Zunächst wird die Abhängigkeit der Dosis von den sie bestimmenden Faktoren, wie sie aus den Untersuchungen verschiedener Autoren hervorgeht, beschrieben. In einer Tabelle kann man die Ergebnisse von Messungen der Hautoberflächendosis an oberen Molaren vergleichen.

Anschließend wird der Begriff der Strahlenqualität erklärt und ihre Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren geprüft.

Die Auswertung des Röpak-Verfahrens beschränkt sich auf die Untersuchung der Abhängigkeit der Dosis von der Strahlenqualität und der sie bestimmenden Faktoren. Tabellen und graphische Darstellungen verdeutlichen die Ergebnisse.

Die Untersuchungen zeigen:

1. Es werden bevorzugt Röntgenstrahler mit einer mittelharten Strahlenqualität von 1,0 - 2,5 mm Al HWSO hergestellt.
2. Das Maximum der Kurven für die ausgewerteten Röpak-Filme für die meisten Röntgenapparate liegt in einem Dosisbereich von 1,5 - 2,5 R.
3. Es gibt um etwa 40 % mehr Röntgenstrahler mit einer Röhrenspannung von 50 kV, als mit einer Röhrenspannung von 50 - 60 kV, die von einer Mehrzahl der Autoren befürwortet wird.
4. Unnötig hohe Belichtungszeiten sind die häufigste Ursache zu hoher Dosen. Das Röpak-Verfahren zeigt, daß durch eine Verringerung der Belichtungszeit erwartungsgemäß erhebliche Dosiseinsparungen möglich sind.
5. Der Prozentsatz der Zahnärzte, der einen Dosis einsparenden hochempfindlichen Zahnfilm verwendet, ist kaum höher, als die Zahl derer, die mit einem weniger empfind-

lichen Normalfilm arbeitet. Die Forderung, vorwiegend hochempfindliche Zahnfilme zu verwenden, fand also bei einem nicht unerheblichen Teil der Zahnärzte bislang nicht die gewünschte Beachtung.

6. Der lange Tubus wird nur von einem geringen Teil der Zahnärzte verwendet, weil seine Vorteile nicht bekannt sind.
7. Da der größte Teil unserer zahnärztlichen Röntgenstrahler auf einen feststehenden Röhrenstrom von 6 - 10 mA eingestellt ist, besteht keine Möglichkeit, durch eine Erhöhung der mA - Zahl bei gleichbleibendem mAs - Produkt die Belichtungszeit zu verringern.

6. LITERATUR

1. ARDRAN, G , M. Dose reduction in diagnostic radiology
Brit. J. Radiol 30, 436 - 442
(1957)
2. ARDRAN, G., M. Die Strahlendosen bei Strahlendiagnostischen Maßnahmen.
Med. Klin. 54, 90 (1959)
3. ARDRAN, G., M.,
CROOKS, H., E. The measurement of patient dose.
Brit. J. Radiol. 38, 766 - 770
(1965)
4. BABOR, R.,
SONNABEND, E. Überprüfung zahnärztlicher Röntgen-
apparate auf Strahlensicherheit
nach dem Ropak-Verfahren.
Dtsch. zahnärztl. Z. 25, 577 -
585 (1970)
5. BECK, R., DRESEL,
H., MELCHING, H.-J. Leitfaden des Strahlenschutzes
Georg Thieme Verlag, Stuttgart (1959)
6. BIRKHEUER, K.-H. Die Vor- und Nachteile der neuzeitlichen Röntgenapparate in der Zahnheilkunde.
Med. Diss. Düsseldorf (1954)
7. BJÄRNGARD, B.,
HOLLENDER, L.,
LINDAHL, B.,
SONESSON, A. Radiation doses in oral radiography.
Odont. Revy (Schwd) 10, 355
(1959)
8. BRICHZY, W.,
DREXLER, G.,
WACHSMANN, F. Ergebnis der Strahlenschutzüberwachung nach der Filmschwärzungsmethode in den Jahren 1957 und 1958.
Atompraxis, 5, 305 - 310 (1959).
9. BRICHZY, W.,
DREXLER, G. Ergebnisse der Strahlenschutzüberwachung nach der Filmschwärzungsmethode in den Jahren 1959 - 1963.
"Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung" des Bundesministeriums für wissenschaftliche Forschung III (1964).
10. CRANDELL, C., E. An evaluation of the influence of the half - value layer on the diagnostic quality of intraoral roentgenograms.
Oral Surg., S. Louis, 21, 39 - 46
(1966).

11. DEUTSCHE STRAH- DIN 6801 Juli 1959
 LENSCHUTZNORMEN DIN 6813 Juli 1959
 DIN 6811 Juli 1959
12. DUMMER, E. Über den Einfluß der Strahlen-
 härte auf den Bildkontrast des
 Dentalröntgenfilmes.
 Dt. Zahnärztebl. 7, 585 - 587
 (1953).
13. FITZGERALD, Dental roentgenography IV. The
 GORDON, M. voltage factor.
 J. Amer. Dent. Ass., 41, 19 - 27
 (1951)
14. FRANKLIN, J. The effect of high kilovoltage on
 hard and soft tissue definition in
 lateral cephalometric roentgeno-
 grams. Amer. J. Orthodont. 40,
 837 - 845 (1954).
15. FRIK, W. Gesamtbelastung als Maß für die
 Strahlengefährdung in der Röntgen-
 diagnostik
 Röntgen Bl. 13, 166 - 172 (1960).
16. HAYBITTLE, J., L. The effect of field-size on the
 dose to the patient in diagnostic
 radiology.
 Brit. J. Radiol., 30, 663 - 669
 (1957).
17. HUG, O. Der gegenwärtige Stand der Kenntnis-
 se über die Wirkung ionisierender
 Strahlen im menschlichen Organismus.
 Dtsch. zahnärztl. Z., 22, 102 - 103
 (1967).
18. ILG, V., K. Untersuchungen über die Röntgen-
 strahlenbelastung.
 Dtsch. zahnärztl. Z., 12, 733 - 745
 (1957).
19. JUNG, T. Über die zahnärztlichen Röntgen-
 apparate insbesondere den "Oralix".
 Dtsch. zahnärztl. Z., 7, 262 -
 269 (1952).
20. JUNG, T. Nachteile und Gefahren der intraora-
 len Röntgendurchleuchtung.
 Dtsch. zahnärztl. Z., 13, 251 -
 255 (1958).
21. JUNG, T. Neuerungen auf dem Gebiete der Röntgen-
 Diagnostik in ihrer Bedeutung für
 den Zahnarzt.
 Dtsch. zahnärztl. Z. 14, 805 - 814
 (1959).

22. JUNG, T. Die Strahlenbelastung der Patienten durch zahnärztliche Röntgenuntersuchungen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 15, 1530 - 1536 (1960).
23. JUNG, T.,
LOHMANN, T. Intraorale und intracranielle Dosismaxima bei Panorama-Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer.
Dtsch. zahnärztl. Z., 18, 802 - 811 (1963).
24. JUNG, T. Röntgengeräte und Filmverarbeitung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 22, 215 - 223 (1967).
25. KIRSCH, Th. Die Streustrahlung bei intraoralen und extraoralen Aufnahmen.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 175 - 180 (1959).
26. KIRSCH, Th. Strahlengefährdung und Strahlenschutz in der zahnärztlichen Röntgendiagnostik.
Dr. Alfred Hüthig Verlag, Heidelberg, (1960).
27. KÖLKER, J. Der Einfluß der Entwicklungsbedingungen auf die Qualität von Röntgenaufnahmen auf Zahnfilmen.
Med. Diss. Bonn (1957).
28. LARSSON, L.-E. Radiation doses to patients and personnel in modern roentgendiagnostik work.
Acta radiol. (Stockh.), 46, 680 - 689 (1956).
29. LANGENDORFF, H.,
WACHSMANN, F. Ergebnisse der Strahlenschutzüberwachung mit Filmen.
Fortschr. Röntgenstr., 80, 382 - 386 (1954).
30. LEHMEIER, W. Der Einfluß der Qualität von Röntgenstrahlung auf die Gradation von Filmen. Med. Diss. Erlangen 1953.
31. LOZIER, M. The factor exposure in intraoral roentgenography.
Oral. Surg. Or. Med. Or. Path. USA 2, 868 - 873 (1949).
32. MENCZER, L., F. Operation: dental x-ray filtration.
J. Amer. dent. Ass., 58, 72 (1959).

33. MÜNSTEDT, H. Experimentelle Untersuchungen über die günstigsten Spannungsbereiche bei Röntgenaufnahmen der Zähne.
Med. Diss. Göttingen 1962.
34. NOLAN, W., E. Radiation hazards to the patient from oral roentgenography.
J. Amer. dent. Ass., 47, 681 (1953).
35. OSBORN, S., B. The implications of the reports of the committee on radiological hazards to patients (Adrian-committee).
I. Variations in the radiation dose received by the patient in diagnostic radiology.
Brit. J. Radiol., 36, 230 - 234 (1955).
36. PFAFFELHUBER, J. Rechtsquellen des Strahlenschutzes.
Der Radiologe, 6, 338 - 342 (1966).
37. POHLIT, W. Strahlenqualität, Strahlenabsorption und Filmbild.
Dtsch. zahnärztl. Z., 22, 206 - 215 (1967).
38. PRANGE, H. Über die geometrische Unschärfe der intraoralen Röntgenaufnahmen.
Med. Diss., F. U. Berlin 1957.
39. PREUSCHOFF, K. Der Einfluß des Fokus-Filmabstandes in der zahnärztlichen Röntgentechnik auf das Bild. Unter besonderer Berücksichtigung der Technik mit dem Langtubus.
Med. Diss. Düsseldorf 1952.
40. QUERGÄSSER, G. Vor- und Nachteile der kurzen und weiten Aufnahmeabstände bei intraoralen Röntgenaufnahmen.
Med. Diss. Bonn 1957.
41. RAJEWSKY, B. Strahlendosis und Strahlenwirkung.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1956.
42. RICHARDS, A., G. Roentgen-ray radiation and the dental patient.
J. Amer. dent. Ass., 54, 476 - 483 (1957).
43. RICHARDS, A., G. New concepts in dental x-ray machines.
J. Amer. dent. Ass. 73, 1, 69.
44. RICHARDS, A., G. Roentgen-ray doses in dental roentgenography.
J. Amer. dent. Ass., 56, 351 - 368 (1959).

45. SCHAAL, A. Gesamtfilter von Röntgenröhren und Patientendosis bei Aufnahmen. Fortschr. Röntgenstr., 87, 769 - 772 (1957).
46. SCHOBBER, H. Die Abhängigkeit des Schwärzungs- kontrastes einer Röntgenaufnahme von Röhrenspannung und mAs-Produkt. Jahresbericht des Tuberkulose- Forschungsinstitutes Borstel. Springer-Verlag, Berlin - Göttingen - Heidelberg 1954.
47. SEELENTAG, W., SCHMIER, H. Die natürliche und künstliche Strahlenbelastung des Menschen. Der Radiologe, 6, 303 - 310 (1966).
48. SONNABEND, E. Zahnrontgenaufnahmen und Strahlenbelastung des Patienten. Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 180 - 183 (1959).
49. SONNABEND, E. Die Strahlenbelastung des Patienten bei Röntgenaufnahmen der Zähne. Stoma (Heidelb.)
1962 3, 186 - 193
4, 205 - 224
1963 1, 29 - 41
2 63 - 84.
50. SONNABEND, E. Verfahren zur Minderung der Röntgendosis bei Zahnaufnahmen. Dtsch. zahnärztl. Z., 16, 319 - 323 (1961).
51. SONNABEND, E. Zur Herabsetzung der Röntgendosis bei Kontaktaufnahmen des Schädels. Dtsch. zahnärztl. Z., 16, 442 - 446 (1961).
52. SONNABEND, E. Die Bedeutung der Spannung bei Röntgenaufnahmen der Zähne. Dtsch. zahnärztl. Z., 17, 986 - 998 (1962).
53. SONNABEND, E. Zur Minderung der Gonadendosis bei Röntgenaufnahmen der Zähne und Kiefer. Dtsch. zahnärztl. Z., 18, 1295 - 1299 (1963).
54. SONNABEND, E. Strahlenexposition und Strahlenschutz. Dtsch. zahnärztl. Z., 22, 126 - 137 (1967).

55. SONNABEND, E. Untersuchungen des Röntgenapparates in der Praxis nach dem Röpak-Verfahren.
Zahnärztliche Mitteilungen 12 (1969).
56. UPDEGRAVE, W., J. High or low kilovoltage.
Dental Radiography and Photography 33, (1960).
57. VAN AKEN, J.,
VAN DER LINDEN,
L.W.J. The integral absorbed dose in conventional and panoramic complete - mouth examinations.
Oral. Surg. S. Louis, 22, 603 - 616 (1966).
58. VON RECKOW, J.,F. Zahnärztliche Röntgenologie.
Dtsch. zahnärztl. Z., 14, 1168 - 1172 (1959).
59. VON RECKOW, J.,F. Der gegenwärtige Stand des Strahlenschutzes in der zahnärztlichen Praxis.
Der Radiologe, 4, 293 - 297 (1964).
60. WACHSMANN, F. Strahlenschutzdosimetrie
Sonderdruck aus "Handbuch der medizinischen Radiologie", Enzyklopedia of medical radiology.
Springer-Verlag 1968.
61. WACHSMANN, F.,
SEELENTAG, W. Strahlenanwendung und Strahlenschutz.
Handbuch der gesamten Arbeitsmedizin. IV/1.
Verlag Urban und Schwarzenberg 1963.
62. WAGGENER, D., T. Principles of the long tube technique.
J. Nebraska dent. Ass., 24, 3 - 14 (1947).
63. WAINWRIGHT, W., W. Filtration for lowest patient dose in dental radiography.
Oral. Surg. S. Louis, 16, 561 - 571 (1963).
64. WILHELM, G.,
KRAUS,
MERGLER Herabsetzung der Strahlenbelastung bei der Röntgendiagnostik durch zusätzliche Filterung.
Fortschr. Röntgenstr., 89, 602 - 604, (1958).
65. WUEHRMANN, A., H. Relativ film speeds of commonly used intraoral film.
Oral. Surg. S. Louis, 12, 1091 (1959).

66. WUEHRMANN, A., H. Radiopacity of oral structures
CURBY, W.A. as a basis for selecting optimum
 kilovoltage for intraoral roentge-
 nograms.
 J. dent. Res., 31, 27 - 38 (1952).
67. WUEHRMANN, A., H., Selecting of optimum kilovoltage
MONACELLI, C., J. for dental radiography (Preliminary
 studies)
 Radiology, 57, 240 -247 (1951).

L e b e n s l a u f

Am 26. Juli 1942 wurde ich, Siegfried Steinle als zweites Kind des Zahnarztes Dr. Artur Steinle und seiner Ehefrau Hedwig Steinle, geb. Dochtermann in Augsburg geboren. Nach vierjähriger Volksschulzeit trat ich in das Realgymnasium in Augsburg über, wo ich im Juli 1962 die Reifeprüfung ablegte. Danach erfolgte meine Einberufung zur Ableistung des Wehrdienstes nach Calw/Wttbg., ehe ich 18 Monate später im Frühjahr 1964 mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Ludwig Maximilian Universität in München beginnen konnte. Nach bestandener zahnärztlicher Vorprüfung im Herbst des Jahres 1966 begann ich mit dem Studium der klinischen Zahnheilkunde. Im Juli 1969 schloß ich meine Berufsausbildung mit dem Staatsexamen ab. Seit dem 1. Oktober 1969 bin ich als Assistent in der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universität München tätig gewesen. Im April 1972 habe ich mich dann beruflich nach Olching bei München verändert.

